



# Aqua notes 2025:9

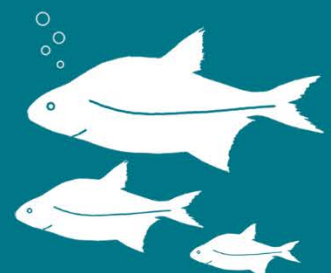
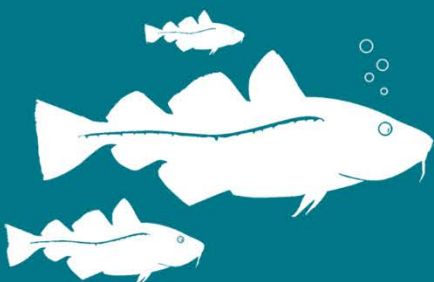
## Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk

– Årsrapport för 2024

---

William Jaktén Langert, Filip Käll & Anders Adill

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för akvatiska resurser



# Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk – Årsrapport för 2024

William Jaktén Langert, <https://orcid.org/0009-0007-5806-2625>, Sveriges  
lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Filip Käll, <https://orcid.org/0000-0002-9800-9673>, Sveriges lantbruksuniversitet,  
Institutionen för akvatiska resurser,

Anders Adill, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

## Rapportens innehåll har granskats av:

Anna Lingman, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Isa Wallin Kihlberg, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

**Finansiär:** Ringhals AB

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Ringhals AB. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från uppdragsgivarens sida.

<b>Rekommenderad citering:</b>	Jaktén Langert W., Käll F. & Adill A., (2025). Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk – Årsrapport för 2024. Aqua notes 2025:9. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. <a href="https://doi.org/10.54612/a.1634uhrioc">https://doi.org/10.54612/a.1634uhrioc</a>
<b>Publikationsansvarig:</b>	Sara Bergek, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
<b>Redaktör:</b>	Stefan Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
<b>Utgivare:</b>	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
<b>Utgivningsår:</b>	2025
<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Illustration framsida:</b>	Torsk (t.v.): Fredrik Saarkoppel; Braxen (t.h.): SLU
<b>Upphovsrätt:</b>	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
<b>Serietitel:</b>	Aqua notes
<b>Delnummer i serien:</b>	2025:9
<b>ISBN (elektronisk version):</b>	978-91-8046-612-7
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.54612/a.1634uhrioc">https://doi.org/10.54612/a.1634uhrioc</a>
<b>Nyckelord:</b>	Kärnkraft, kylvatten, recipientkontroll, provfiske, fiskyngel, främmande arter

## Sammanfattning

Ringhals kärnkraftverk är en av Sveriges största elproducenter. På grund av intag och utsläpp av havsvatten som kyler reaktorerna i kraftverket sker en påverkan på den omgivande kustvattenmiljön. Denna påverkan övervakas och analyseras i ett biologiskt recipientkontrollprogram. Föreliggande årsrapport presenterar resultat av undersökningarna inom kontrollprogrammet för 2024. Fokus i årsrapporten ligger på sammansättningen av fisk och skaldjur, förluster av fiskägg, -larver och -yngel i kylvattenvägarna samt förekomsten av främmande arter.

I kylvattenintaget utförs årligen under våren två olika provtagningar för att övervaka förlusterna av olika fiskstadier i kraftverket: En provtagning av fiskägg och fisklarver med en Bongohåv samt en provtagning av yngel och juvenil fisk med en modifierad Isaacs-Kiddtrål. I ägg- och larvprovtagningen för 2024 var de vanligaste förekommande fiskäggen stora plattfiskägg (rödspätta) och torsk, och de vanligaste fisklarverna tobis och skrubbskädda. Provtagningarna i kylvattenintaget efter juvenil fisk och yngel ger värdefull data för populationsutveckling för bland annat ål (glasål). Fångsterna med Isaacs-Kiddträlen under 2024 dominerades av sillyngel, som kan vara tecken på god rekrytering under hösten 2023. Andra vanliga arter i kylvattenkanalen var klarbult, tobisyngel och ål (glasål).

Effekten av utgående uppvärmt kylvatten undersöks genom årliga provfiskena med ryssjor på tre lokaler: recipientområdet vid Ringhals som direkt påverkas av kylvattnet, ett referensområde vid Vendelsö som är opåverkat av kylvatten samt ett område vid Norra Horta som är delvis påverkat av kylvattnet. Provfisket genomförs under två perioder per år, i april och augusti. Tätheterna av fisk var generellt större under augusti med sommartemperaturer i vattnet. Artsammansättningen i kustområdena utgörs i högre grad av varmvattengynnade arter. I undersökningarna under 2024 var skärsnultra den vanligaste fiskarten vid provfiskena, som förekom i höga tätheter i samtliga områden i augusti. I april återfanns skärsnultra främst i Ringhals, som tyder på att arten aktivt söker sig till uppvärmt kylvatten. Under april månad var kallvattengynnade arter som torsk och rötsimpa mer vanliga i fångsterna. Generellt sett var arter som föredrar varmare vatten vanligare i recipientområdet och arter som föredrar kallare vatten vanligare i referensområdet. Totalfångsten av strandkrabba var hög inom samtliga områden och under båda fiskeperioder, med störst tätheter i recipientområdet i augusti.

Området vid renshusledningens utlopp undersöktes med ROV (*Remotely Operated Vehicle*) för att visuellt inspektera påverkan på havsbotten. Utsläpp och sedimentation av skaldelar från musslor och krabbor var under 2024, likt tidigare år, på låga nivåer.

För att undersöka eventuell förekomst av invasiva främmande arter utanför Ringhals, genomfördes dykkarteringar på fem lokaler: Ringhals kylvattenutsläpp, Norra Horta, Vendelsö samt två lokaler i Båtafjorden. Sammantaget för de fem lokalerna observerades det tre främmande arter: rödalgen agaralg, brunalgen japansk sargassotång samt stillahavsostrom. Samtliga främmande arter är kända på svenska västkusten sedan tidigare. Utöver dykkarteringen hittades även småprickig penselkrabba under provfisket i april vid recipienten för första gången i undersökningen, även denna är tidigare funnen i svenska vatten. Förekomst av främmande arter undersöktes även i Ringhals kylvattenvägar genom en kartering i svallbassäng T2 och en i kylvattentunneln R4. Dessa undersökningar resulterade i allmänt färre arter och lägre biomassa jämfört med tidigare år på grund av att svallbassängen, sedan 2023, har klorerats varje vecka från april till oktober.

## Summary

Ringhals nuclear power plant is one of Sweden's main producers of electricity. Due to intake and discharge of seawater that cools the reactors in the power plant, there is an impact on the surrounding coastal environment. This impact is monitored and analysed in a biological recipient control program. This annual report presents the result of the surveys within the control program for 2024. It focuses on the communities of fish and crustaceans, losses of eggs, larvae and fry in the cooling waterways as well as the presence of alien species.

During spring 2024, two types of annual sampling were carried out in the cooling water intake channel to monitor the losses of different life stages of fish in the power plant. A Bongo net was used to monitor eggs and larvae, where large flatfish eggs (plaice) and cod were the most common eggs, and sand lance and European flounder were the most common larvae. Sampling in the cooling water intake after juvenile fish and fry is largely focused on the catches of glass eel and is carried out using a modified Isaacs-Kidd-trawl. Herring fry dominated the catches, followed by transparent goby, sand lance fry and glass eel.

The effect of the release of cooling water into the sea is monitored by yearly fyke net surveys in three locations: The recipient area of Ringhals, which is directly affected by the cooling water, Vendelsö, used as a reference area unaffected by cooling water, and Norra Horta, which is affected to some extent. To include seasonal variations in water temperature, two surveys are conducted, one in April and one in August. In 2024, the most common fish species was corkwing wrasse, except for April in the partly affected area where cod was most common and in the reference area in April where shorthorn sculpin was the most common. The highest number of corkwing wrasse was found in the partly affected area in August. In general, the occurrence of warm-water species was higher in the recipient area and the occurrence of cold-water species was higher in the reference area. The total catch of shore crab was relatively high in all areas and fishing periods, with a peak in the recipient area in August.

The area around the outlet of the water sieving stations exhaust pipe was examined with a ROV (Remotely Operated Vehicle) to visually inspect impact on the sea floor. Discharge and sedimentation of shell parts of mussels and crabs was low, similar to last year.

To investigate the presence of marine invasive alien species, a scuba diving survey was conducted in five locations outside of Ringhals: The recipient area of Ringhals, Norra Horta, Vendelsö and two locations in Båtafjorden. Two species of algae alien to the west coast were found during the survey: *Gracilaria vermiculophylla* and *Sargassum muticum*, as well as one alien animal species, *Magellana gigas*. All species have previously been observed along the Swedish west coast. Additionally, brush-clawed shore crab (*Hemigrapsus takanoi*) was found in April in the fyke net survey at the recipient area, the first observation in the survey but not the first observation in Sweden. Presence of alien species were also surveyed in the Ringhals cooling waterways via one survey in the surge basin T2, and one in the cooling water tunnel R4. These surveys of the cooling waterways resulted in generally fewer species and lower biomass compared to previous years due to the chlorination of the surge basin from April to October since 2023.

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Kontrollprogram och metodik</b> .....	<b>9</b>
2.1.    Förlust av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna .....	9
2.1.1.    Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver .....	9
2.1.2.    Håvning med Isaacs-Kiddyngeltrål .....	9
2.2.    Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten.....	10
2.2.1.    Provfiske med ryssjor .....	10
2.3.    Kontroll av utsläppstub från rens hus och silstation .....	10
2.4.    Kontroll av förekomsten av främmande arter .....	11
<b>3. Resultat</b> .....	<b>13</b>
3.1.    Kraftverkets drift och temperaturpåverkan .....	13
3.2.    Förlust av fiskägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna.....	14
3.2.1.    Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver .....	14
3.2.2.    Håvning med Isaacs-Kiddyngeltrål .....	17
3.3.    Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten.....	20
3.3.1.    Provfiske med ryssjor .....	20
3.3.2.    Sjukdomar .....	27
3.4.    Kontroll av utsläppstub från rens hus och silstation .....	27
3.5.    Kontroll av främmande arter.....	28
<b>4. Diskussion</b> .....	<b>32</b>

# 1. Inledning

Ringhals kärnkraftverk har varit aktivt sedan 1975 då den första reaktorn togs i drift. Mellan 1976 och 1983 togs ytterligare tre reaktorer i drift. Under 2015 fattades beslut om stängning av Ringhals reaktor 1 och 2 och sedan årsskiftet 2019/2020 har reaktor 2 varit stängd. Nedstängningen av reaktor 1 genomfördes vid årsskiftet 2020/2021. De två kvarvarande reaktorerna (3 och 4) har varit i drift under större delen av åren, med undantag för vissa kortare avställningar i samband med exempelvis revision eller reparation.

Kärnkraftverk vid kusten påverkar marina ekosystem, främst genom sin användning av kylvatten (Pan et al. 2018). Denna rapport redovisar resultat från den biologiska kontrollverksamheten i vattenrecipienten utanför Ringhals kärnkraftverk 2024 med fokus på det marina samhället av fisk och skaldjur. Undersökningarna i området har pågått sedan 1976 och har under årens lopp främst fokuserat på fiskdödlighet i kylvattenintaget och effekter på fisk i recipienten. Undersökningarna jämförs med referensområdet vid det opåverkade området Vendelsö och med det, av varmvattenutsläpp, delvis påverkade området Norra Horta. Resultaten presenteras i årliga rapporter. Fördjupade analyser av kylvattenhanteringens effekter på kringliggande vattenmiljö över en längre tidsperiod utförs efter avrop från Ringhals AB (exempelvis Andersson et al. 2015) och kan leda till förändringar i kontrollprogrammet. För genomförande av det biologiska programmet inom recipientkontrollen ansvarar Kustlaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU Aqua).

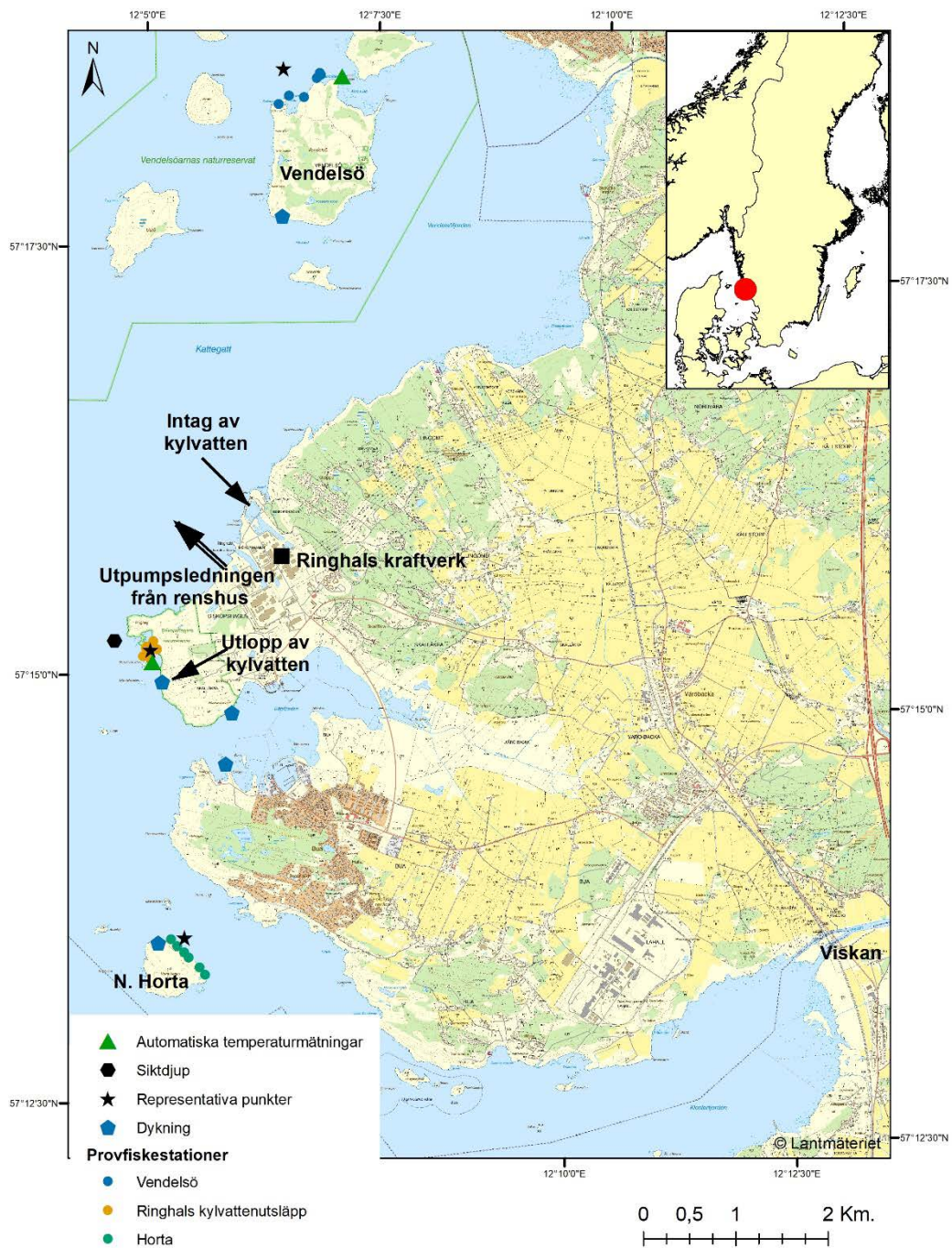
Kraftverkets påverkan har tidigare noterats som ökad dödlighet för ägg, larver och juvenil fisk som förs med in i kylvattensystemet eller som fastnar i kraftverkets silstationer (Andersson et al. 2015). Det har också noterats bidra till förändringar i fisksamhällets sammansättning, struktur och funktion, samt som plats för etablering av invasiva främmande arter i det område som påverkas av förhöjda temperaturer från det uppvärmda kylvattnet (Andersson et al. 2015). Denna årsrapport presenterar resultaten från 2024 års undersökningar genomförda enligt kontrollprogrammet.

Det uppvärmda kylvattnet som släpps ut från Ringhals kärnkraftverk medför en risk för påverkan på det marina ekosystemet (Jan et al. 2001; Teixeira et al. 2009; Pan et al. 2018) eftersom många marina fisk- och skaldjursarter är temperaturkänsliga (Kordas et al. 2011; se även litteratursammanställning i

Thome et al. 2017). Kylvattenutsläpp kan även förändra artsammansättningen hos växtplankton och orsaka förändringar i födoväven (Xu et al. 2021). En uppvärmning av området kan alltså påverka både artsammansättningen och förekomsten av specifika arter. För att undersöka effekterna av det uppvärmda kylvattnet utförs årligen fiskeundersökningar i april månad, då havsvattnet är naturligt kallare, och i augusti månad, då havsvattnet är naturligt varmare. Anledningen till att fisket delades upp i två fiskeperioder är att kunna inkludera en större del av årstidsvariationerna i temperatur och abundans av fisk och skaldjur. Fisket genomförs dels i ett område i anslutning till Ringhals kylvattenutsläpp och dels i ett referensområde. Referensområdet, Vendelsö, ligger sju kilometer nordost om utsläppets mynning, och bedöms vara opåverkat av kylvattenutsläppet (figur 1). Referensområden används för att kunna urskilja förändringar som beror på kärnkraftverkets drift, till skillnad från förändringar som beror på externa faktorer som klimat, salthalt eller andra mänskliga påverkansfaktorer utöver kraftverket. I augusti 2011 tillkom ännu ett fiskeområde tre kilometer söder om utsläppsområdet, vid kusten runt Norra Horta. Området runt Norra Horta bedöms vara delvis påverkat av kylvattenutsläppet, beroende på rådande strömmar och vindar.

Intaget av kylvatten från strandområdet påverkar också fisksamhället vid Ringhals kraftverk. Från lekområden ute till havs transporteras varje år fiskägg, fisklarver och juvenil fisk in till uppväxtområden vid kusten. De fiskägg, fisklarver och juvenila fiskar som passerar intagskanalen när kärnkraftverket är i drift sugas med kylvattnet in i kraftverket, där majoriteten dör. Ett viktigt undantag är glasålen (*Anguilla anguilla*) som beräknas ha en överlevnadsgrad på cirka 85 procent (Bryhn et al. 2014). Den årliga dödligheten kan orsaka rekryteringsförluster hos omgivande fiskbestånd. För att kvantifiera den potentiella skadan genomförs årligen håvningar efter ägg, larver och juvenil fisk i intagskanalerna till kraftverket med två olika håvredskap (Grimås et al. 1988): en planktonhåv som fångar ägg och små larver, medan den andra fångar yngel och större fisk.

Eftersom Ringhals kylvattenutsläpp förändrar den lokala miljön genom att värma upp recipientområdet kan levnadsförhållandena för inhemska arter försämrats (Vitousek et al. 1996; Rajagopal et al. 2012; Pan et al. 2018). Samtidigt kan etableringen av främmande arter gynnas av uppvärmningen, då de potentiellt är bättre anpassade för det förändrade miljöförhållandet (Mooney & Cleland 2001; MacDougall & Turkington 2005; Rajagopal et al. 2012; Nowakowski & Ślugocki, 2021). Av denna anledning undersöks förekomsten av invasiva främmande arter årligen i en påverkansgradient från kylvattenutsläppet. Syftet är att upptäcka etablering av invasiva främmande arter, notera förekomst samt på ett tidigt stadium kunna ta fram underlag för eventuella motåtgärder.



Figur 1. Översiktskarta med provfiskeområden vid Ringhals (recipientområde), Vendelsö (referensområde) och Norra Horta (referensområde), fem dyksområden för kontroll av främmande arter, intagskanalen för kylvatten, där provtagning sker av fiskägg och juvenil fisk, referenspunkt för siktdjup, samt renshusledningen för återtransport till havet av fisk och alger från kraftverkets silstationer.



## 2. Kontrollprogram och metodik

Nedan beskrivs kortfattat de undersökningar som ska genomföras enligt det biologiska kontrollprogrammet för Ringhals AB. För en mer utförlig metodbeskrivning se Andersson et al. (2015) samt Sundqvist et al. (2018).

### 2.1. Förlust av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna

Fiskägg, fisklarver, fiskyngel och juvenil fisk som förs in med kylvattnet till Ringhals kraftverk kontrolleras sedan 2015 i intagskanalen för kylvatten till reaktor 3 och 4 (tidigare år intagskanalerna till reaktor 1 och 2) (figur 1).

#### 2.1.1. Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver

Fiskägg och fisklarver från vinterlekande arter samlas årligen in med hjälp av en Bongohåv med en maskvidd på 500  $\mu\text{m}$  (Andersson 1985). Håvningarna genomförs dagtid två gånger i veckan under cirka 5–15 minuter, från januari till och med april i intagskanalen för kylvatten till reaktor 3 och 4 (figur 1). Insamlade ägg och larver bestäms så långt som möjligt till art eller taxonomisk grupp. Kylvattenflödet i intagskanalen mäts med en flödesmätare (*General Oceanics*) under håvningen.

#### 2.1.2. Håvning med Isaacs-Kiddyngeltrål

Provtagning av fiskyngel och juvenil fisk utförs med en modifierad Isaacs-Kiddyngeltrål med en maskvidd på 1,5 millimeter (Andersson 1980). Provtagningen utförs nattetid två gånger i veckan under perioden februari till och med april i intagskanalen för kylvatten till reaktor 3 och 4 (figur 1). 2024 togs 17 prover med en sammanlagd ansträngning på 261 timmar. Trålen fiskar 16 till 18 timmar per tillfälle. Fångsten sorteras och artbestäms. Alla individer inom en art eller en taxonomisk grupp vägs tillsammans och antalet individer räknas. I årsrapporterna redovisas medelantalet individer per ansträngning (trålningstimme) för det aktuella året, korrigerat så att det motsvarar antalet individer som kunde antas ha fångats under maximalt flöde enligt:  $\frac{\text{Antal individer}}{(F_{\text{fångst}}/F_{\text{max}})}$  där Antal individer är antalet individer vid fångstillfället,  $F_{\text{fångst}}$  är flödet vid fångstillfället och  $F_{\text{max}}$  är maximalt flöde (90  $\text{m}^3/\text{s}$ ) i intagskanalen.

## 2.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten

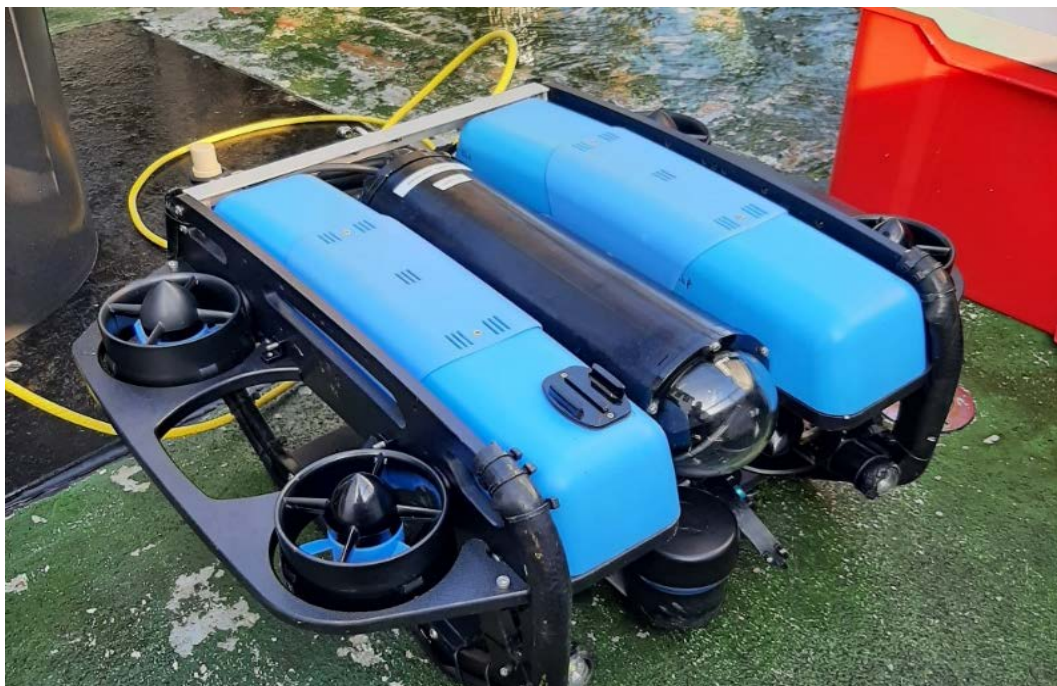
### 2.2.1. Provfiske med ryssjor

Förekomsten av fisk studeras genom provfiske med provfiskeryssjor i tre områden under april och augusti. Områdena inkluderar recipienten vid Ringhals kylvattenutsläpp, referensområdet vid Vendelsö sju kilometer norr om utsläppsområdet, och området vid Norra Horta, tre kilometer söder om kylvattenutsläppet (figur 1). Inom varje fångstområde provfiskas sex stationer med två enkelryssjor sammankopplade strut i arm på varje station (Thoresson 1996). Varje station fiskas vid nio tillfällen, där varje tillfälle varar ett dygn.

Varje individ i fångsten artbestämdes och mättes per centimeterklass. Vägning skedde per art och station. Varje individ i fångsten kontrollerades med avseende på yttre synliga sjukdomstecken och skador.

## 2.3. Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation

Återtransporten av material som fastnar i silar och i rens gallret från intagskanalen sker via en uppsamlingsbassäng i renshuset där materialet pumpas vidare genom en tub som mynnar vid nio meters djup i havet utanför kärnkraftverket (Andersson et al. 2011; Bryhn et al. 2014). Varje år utförs en undersökning för att få en bild över effekterna tuben och av det återtransporterade materialet på närområdet vid renshustubens mynning. Undersökningen utförs genom att området kring tuben filmas, vanligtvis i september med hjälp av en ROV (*Remotely Operated Vehicle*; figur 2). Under 2024 filmades tuben den 8 oktober från cirka fyra meters djup ned mot mynningen på cirka nio meters djup där närområdet undersöktes via sju transekter. Varje transekt sträckte sig totalt 40 meter i utsläppstubens riktning. 20 meter låg innan utsläppstubens mynning och 20 meter efter. Avståndet mellan transekterna varierade mellan fem och tio meter där de yttersta på varje sida låg cirka 25 meter ifrån utsläppstuben.



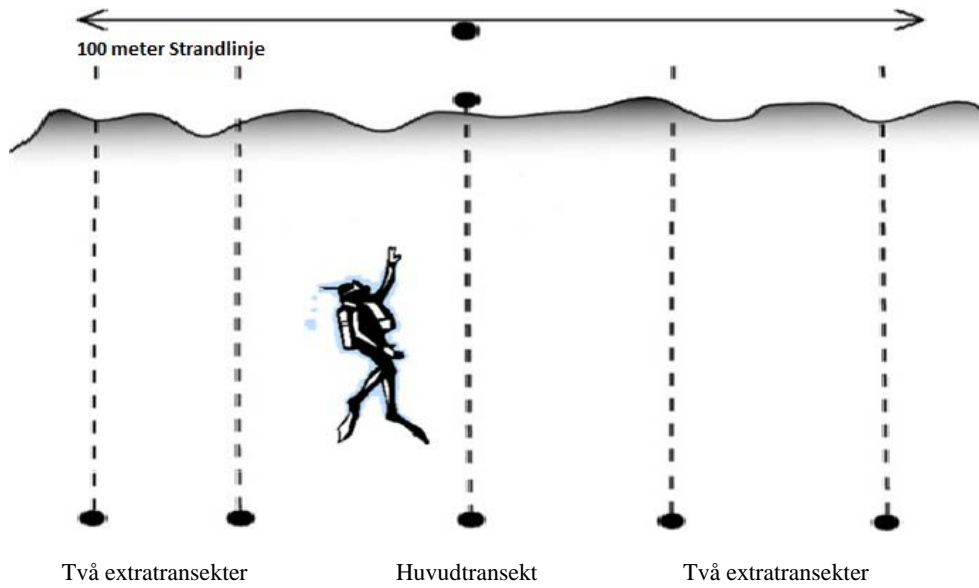
Figur 2. ROV (Remotely Operated Vehicle). Foto: Jakob Looström.

## 2.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter

Förekomsten av främmande arter inventeras varje år vid Ringhals. Varje år utförs dykinventeringar i recipienten och vartannat år sker mer omfattande kontroller som även inkluderar inventering inne på Ringhals område. De senare genomförs genom dykning i svallbassäng T2 och till fots i huvudkylvattentunnel R4 då denna är tömd på vatten i samband med revision. Under 2024 utfördes den mer omfattande undersökningen.

I recipienten genomförs dykinventeringar av fastsittande arter för att söka efter, och uppskatta mängder av främmande arter. Tre lokaler besöks årligen; Ringhals udde, Norra Horta och Vendelsö (figur 1). Lokalerna i Båtafjorden (Båtafjorden södra och Båtafjorden norra) besöks vartannat år. Under 2024 inventerades samtliga lokaler. Varje lokal inventeras genom en huvudtransekt och fyra extratranssekter, som löper vinkelrätt från land 50 meter ut i vattnet längs ett måttband (figur 3). En 100 meter lång strandsträcka mäts upp med huvudtransekten position i mitten. Inom 50 meter från huvudtransekten slumpas positionen för ytterligare två transekter ut på var sida om huvudtransekten. För att säkerställa att huvudtransekten riktning och position är densamma varje år används kompass och landmärken.

Längs huvudtransekten noterades bottenstrukturer, och samtliga arters täckningsgrad uppskattades inom en korridor av fyra till fem meter. Längs övriga transekter, noterades enbart främmande arter av alger samt vilken algtyp (brun, röd eller grön) som dominerade algbältet.



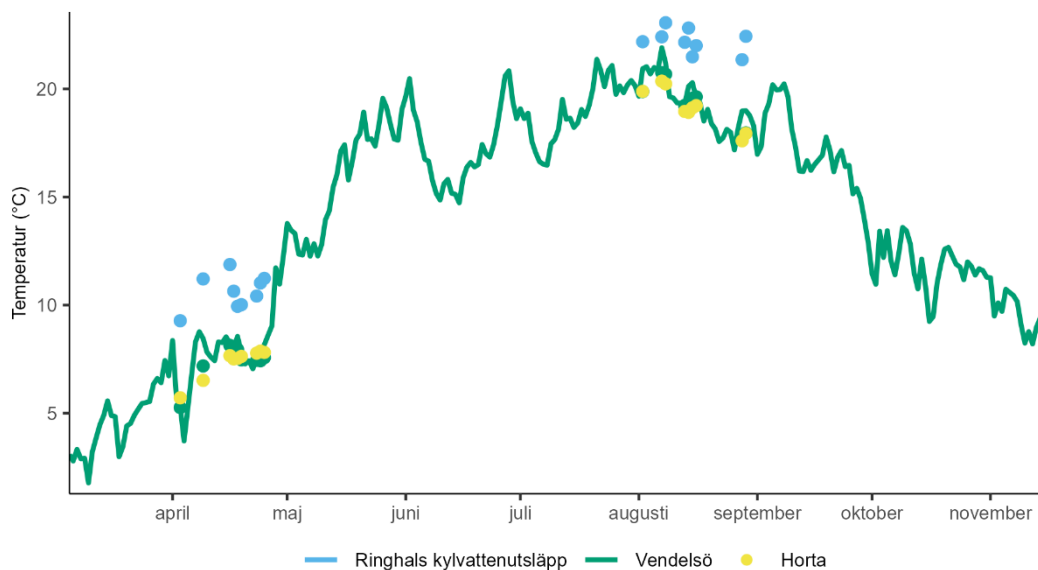
Figur 3. Schematisk bild över hur dyktransekterna var upplagda på en dykplats, med en 50-meter lång huvudtransekt i mitten av en strandsträcka på 100 meter, och fyra slumpade transekter vid sidan av huvudtransekt.

## 3. Resultat

### 3.1. Kraftverkets drift och temperaturpåverkan

Ringhals tar in havsvatten via en kylvattenkanal för att kyla reaktor 3 och 4 vid drift. Flödet i kylvattenkanalen kan variera under året beroende på om reaktorerna är i drift eller ej. Kylvattenflödet för reaktor 3 och 4 låg huvudsakligen på 89 m<sup>3</sup>/s under 2024, vilket motsvarar full drift med undantag för revisionsperioden. Reaktor 3 var stängd för revision från 15 maj till 18 juli och reaktor 4 reviderades under perioden 14 augusti till 12 september. Vid revision var kylvattenflödet 50,5 m<sup>3</sup>/s. Medelflödet per dag under året var cirka 80 m<sup>3</sup>/s. Reaktoreffekten för 2024 motsvarade full effekt med undantag från revisionsperioden och under tre veckor i juni–juli då reaktor 4 gick på cirka halv effekt.

Temperaturen i utsläppsområdet påverkas av det utgående kylvattnet och skiljer sig därför jämfört med temperaturen i referensområdet vid Vendelsö (figur 1). Under provfischen i april och augusti mäts temperatur, 2024 har temperaturen varit ungefär 3 °C högre i utsläppsområdet än vid Vendelsö och Norra Horta. Den automatiska temperaturlogger som vanligtvis mäter temperatur över året vid utsläppsområdet hade 2024 slitit sig och temperaturdata gick därmed förlorad.



Figur 4. Medeltemperatur (°C) per dag i referensområdet vid Vendelsö (grön) under perioden mars till december 2024, samt botten temperaturerna från provfisket i recipientområdet vid Ringhals kylvattenutsläpp (blå) och Norra Horta (gul). Temperaturmätarna vid Vendelsö hängdes från boj på en meters djup.

## 3.2. Förlust av fiskägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna

### 3.2.1. Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver

Under provtagningsperioden 2024, som pågick från vecka 2 till vecka 17, fångades 18 olika arter av fisklarver och samtliga arter har förekommit tidigare i provtagningarna (tabell 1). Resultatet för antalet arter under 2024 var i linje med genomsnittet för den senaste tioårsperioden (17,7 under perioden 2015–2024). Det genomsnittliga antalet arter i provtagningarna under hela provtagningsserien (1979–2024) är lägre jämfört med 2024 års resultat och uppgår till 15,2 arter per år (tabell 1).

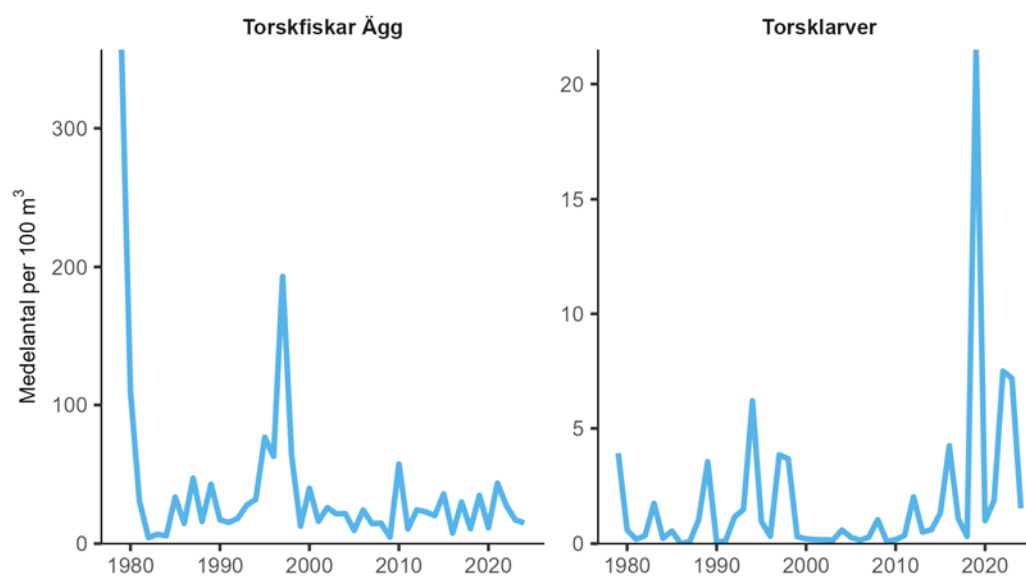
Mängden larver som uppmättes i undersökningarna under 2024 var i genomsnitt 40,1 individer per 100 m<sup>3</sup>, vilket var betydligt lägre jämfört med resultaten 2023 (94,7 individer per 100 m<sup>3</sup>). Mängden fisklarver under 2024 var ändå i nivå med den senaste tioårsperioden (58,3 larver/100 m<sup>3</sup>) och något högre jämfört med hela provtagningsserien sedan 1979 (26,0 larver/100 m<sup>3</sup>). Den mest förekommande taxonomiska gruppen i fångsterna under 2024 var tobis (*Ammodytidae*) som uppgick till 15,71 individer per 100 m<sup>3</sup>. De vanligaste arterna var skrubbskädda (*Platichthys flesus*), sill (*Clupea haerengus*) och rötsimpa (*Myoxocephalus scorpius*), som förekom i ungefär 5 individer per 100 m<sup>3</sup> i provtagningarna (tabell 1).

Tre kommersiellt viktiga arter som förekom i provtagningarna var rödspätta (*Pleuronectes platessa*), torsk (*Gadus morhua*) och skrubbskädda. Förekomsterna av rödspätta var liknande föregående år och arten har haft en positiv utveckling sedan tidsserien inleddes. Fångsterna av torsklarver under 2024 var på låga nivåer jämfört med föregående år (1,5 individer per 100 m<sup>3</sup>) och något under genomsnittet för hela provtagningsperioden (1,8 individer per 100 m<sup>3</sup>) (figur 5). Förekomsterna av skrubbskädda under 2024 var 5,33 individer per 100 m<sup>3</sup> och fångsterna var under genomsnittet både för hela provtagningsperioden (6,55 individer per 100 m<sup>3</sup>) och för de senaste 10 åren (23,25 individer per 100 m<sup>3</sup>) (figur 6). Resultaten för skrubbskädda har uppvisat stor mellanårsvariation de senaste åren och arten kan periodvis vara mycket vanlig (figur 6).

År 2024 års fångster av fiskägg i kylvattenkanalen uppgick till 60,2 ägg per 100 m<sup>3</sup>, vilket var i betydligt lägre omfattning jämfört med år 2023 (256,1 ägg per 100 m<sup>3</sup>). De mest förekommande arterna/taxonomiska grupperna i provtagningarna var stora plattfiskägg (rödspätta) (35,3 ägg per 100 m<sup>3</sup>), torskägg (15,0 ägg per 100 m<sup>3</sup>) samt små plattfiskägg (sandskädda/skrubbskädda) (9,7 ägg per 100 m<sup>3</sup>). De största fångsterna av torskägg återfinns i början av tidsserien, för att sedan bli färre, medan utvecklingen är motsatt för yngel.

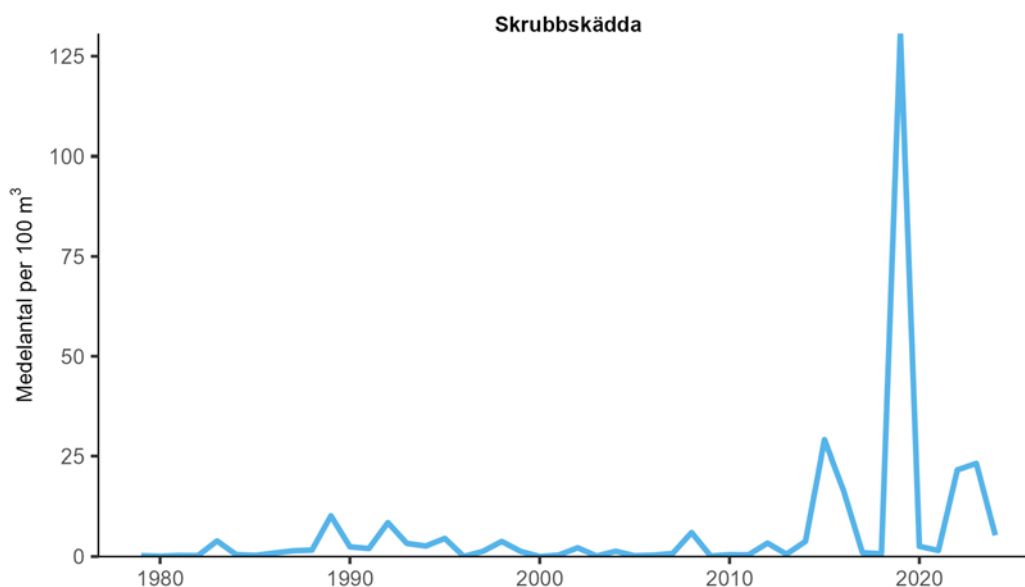
Tabell 1. Arter/taxonomiska grupper fångade vid provtagning av fisklarver med Bongohäv under vecka 2 till och med vecka 17 under 2024. För varje art anges medelvärden (antal per 100 m<sup>3</sup>). Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de var i proverna under 2024.

Art/taxon	Antal per 100 m <sup>3</sup>
Tobis (kust-/havs-)	15,71
Skrubbskädda	5,33
Sill	4,70
Rötsimpa	4,65
Rödspätta	2,96
Sandskädda	2,37
Torsk	1,54
Spetslångebarn	0,71
Tejstefisk	0,58
Större ringbuk	0,56
Oxsimpa	0,30
Tångringbuk	0,23
Femtömmad skärlånga	0,18
Tångsnärta	0,13
Obestämd fiskart	0,05
Skarpsill	0,05
Tångsnälla	0,05
Lerskädda	0,03
Fångst (medelantal/100 m <sup>3</sup> )	40,12
Antal arter	18



Figur 5. Förekomsten (medelantal per 100 m<sup>3</sup> vatten) av torskägg och torsklarver fångade med Bongohäv i kylvattenkanalen åren 1979–2024. Observera de olika skalorna på y-axlarna.





Figur 6. Förekomsten (medelantal per 100 m<sup>3</sup> vatten) av skrubbskäddelarver fångade under vecka 2–17 med Bongohäv i kylvattenkanalen åren 1979–2024.

### 3.2.2. Håvning med Isaacs-Kiddyngeltrål

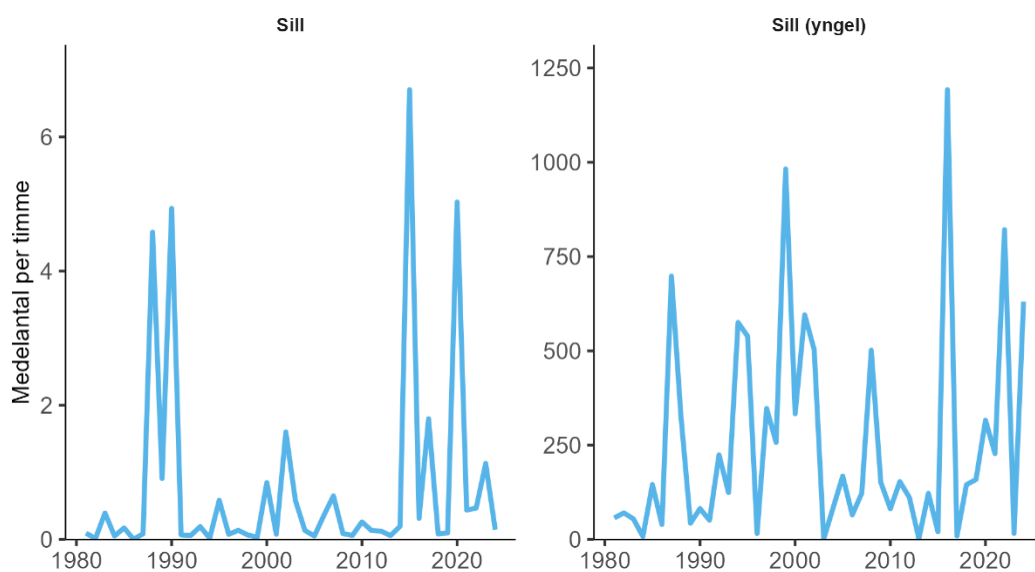
Under 2024 fångades 39 arter (inklusive olika livsstadier av ål, tobis och sill) av fisk i undersökningarna med Isaacs-Kiddtrål i kylvattenkanalen (tabell 2), vilket var lägre än genomsnittet för den senaste tioårsperioden (43,7 arter). De totala fångsterna under 2024 uppgick till 728,2 individer per timme (tabell 2), vilket var betydligt mer jämfört med fångsten 2023 (89,4 individer/h), samt för genomsnittet den senaste tioårsperioden (473,5 individer/h). Den vanligaste arten i undersökningarna var sill i yngelstadiet (630,6 individer/h) vilka härrör från höstlekande populationer. Fångsterna av sillyngel har uppvisat stora mellanårsvariationer under provtagningsperioden och under 2024 var omfattningen högre jämfört med medelvärdet för både hela provtagningsperioden och den senaste tioårsperioden (medelantal 1981–2023: 254,0 individer/h, 2015–2024: 353,8 individer/h). Juvenil sill fångades också under 2024, men i jämförelsevis lågt antal (0,1 individer/h) (figur 7).

Klarbult (*Aphia minuta*) är en vanlig art i den fria vattenmassan i Västerhavet och förekommer i stor omfattning i undersökningarna. Under 2024 var klarbult den näst vanligaste arten i fångsterna (59,29 individer/h, tabell 2) och var jämförelsevis lika totalfångsterna för 2023 (53,5 individer/h), men lägre jämfört med fångsterna för den senaste tioårsperioden (90,3 individer per timme) (figur 8).

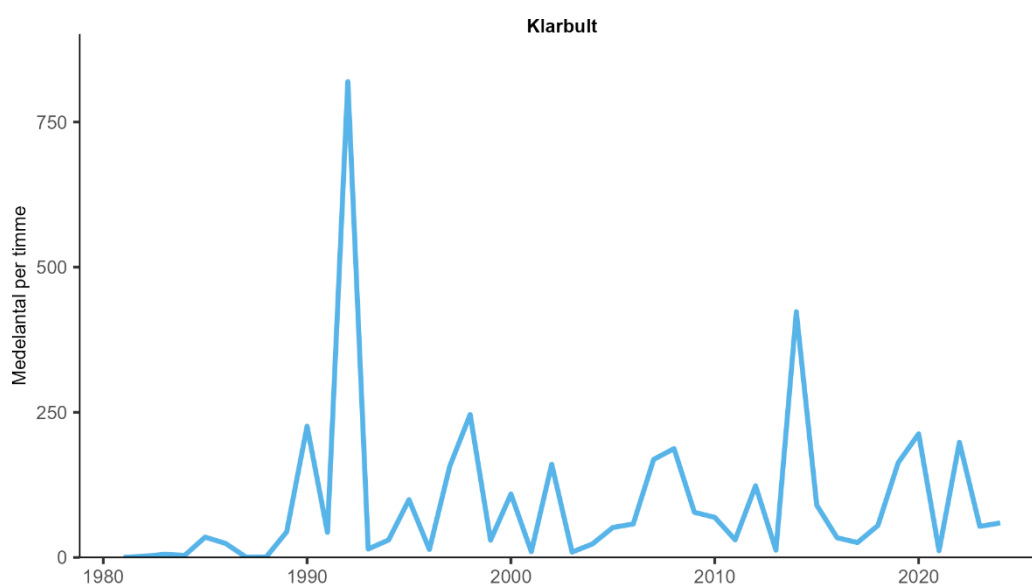
En vanlig art i provtagningarna under året var ål och då i livsstadiet glasål (yngel av ål). Förekomsterna av glasål under 2024 var relativt stora jämfört med fångsterna under den senaste femtonårsperioden men var på betydligt lägre nivåer jämfört med under 1980- och 1990-talet (figur 9).

Tabell 2. Arter fångade vid provtagning av juvenil fisk och fiskyngel med Isaacs-Kiddyngeltrål i kylvattenintaget vid Ringhals kraftverk från februari till och med maj 2024. För varje art anges ett medelvärde som justerats för att motsvara det antal individer som skulle ha fångats per timme (en ansträngning) vid maximalt kylvattenflöde. Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under 2024. Arter markerade med \*, \*\* eller \*\*\* är samma art i olika livsstadier. Alla arter utan stjärna efter namnet förekom endast i ett livsstadium under provtagningen.

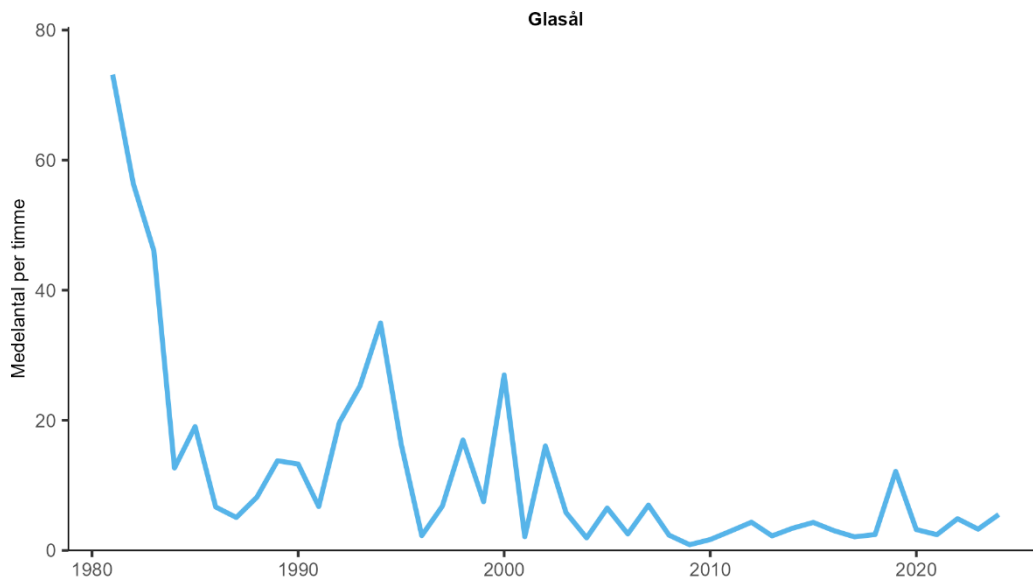
Art	Fångst per timme
Sill (yngel)*	630,57
Klarbult	59,29
Tobis (yngel)***	19,30
Glasål**	5,51
Storspigg	4,13
Sandstubb	3,91
Mindre kantnål	0,80
Skrubbskädda	0,69
Tobiskung	0,68
Tobis (kust-/havs-)***	0,55
Bergstubb	0,51
Tångsnälla	0,28
Rödspätta	0,26
Sjustrålig smörbult	0,21
Skarpsill	0,17
Skäggsimpa	0,16
Sill*	0,15
Laxsill	0,15
Större kantnål	0,14
Torsk	0,12
Tejstefisk	0,11
Rötsimpa	0,06
Stensnultra	0,06
Tånglake	0,05
Svart smörbult	0,05
Gulål**	0,05
Småspigg	0,04
Fyrtömmad skärlånga	0,03
Mindre havsnål	0,03
Nors	0,02
Sjurygg	0,01
Tångspigg	0,01
Havskatt	<0,01
Tunga	<0,01
Skärsnultra	<0,01
Större havsnål	<0,01
Flodnejonöga	<0,01
Randig sjökock	<0,01
Öring	<0,01
Småtunga	<0,01
Oxsimpa	<0,01
Kantnålsfisk obestämd	<0,01
Fångst per timme alla arter	728,1
Antal arter	39



Figur 7. Förekomsten av juvenil sill (vänster) och sillyngel (höger) under februari–maj åren 1981–2024. Värden är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde. Observera de olika skalorna på y-axlarna.



Figur 8. Förekomsten av klarbult i två av kylvattenkanalerna under februari–maj åren 1981–2024. Värden är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde.



Figur 9. Förekomsten av glasål i två av kylvattenkanalerna under februari–maj, 1981–2024. Värden är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde.

### 3.3. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten

#### 3.3.1. Provfiske med ryssjor

Under provfiskeundersökningarna i april fångades 20 olika fiskarter och fyra arter av kräftdjur vid Ringhals kylvattenutsläpp (tabell 3). Vid provfiskena i referensområdet Vendelsö fångades 17 fiskarter och 2 kräftdjursarter och i Norra Horta 19 fiskarter och 3 kräftdjursarter (tabell 3). Fångsterna av fisk i de tre områdena uppgick till totalt 1 593 individer, och var fördelade ungefär lika mellan områdena i omfattningen cirka fem individer per ryssja och natt (figur 10). Under provfisket i april förekom skärsnultra (*Symphodus melops*) i störst mängd vid Ringhals kylvattenutsläpp och Norra Horta, men fångades inte inom referensområdet Vendelsö (figur 11). Vid Vendelsö var istället rötsimpa vanligast och förekom i högre tätheter jämfört med både Ringhals kylvattenutsläpp och Norra Horta. Vid Norra Horta var torsk den mest förekommande arten där fångsterna nästan var dubbelt så stora som Vendelsö och tre gånger så stora som Ringhals kylvattenutsläpp (figur 12). Vid provfisket i april var fångsterna av strandkrabba störst vid Ringhals kylvattenutsläpp jämfört med de andra fångstområdena (tabell 3). Den främmande arten småprickig penselkrabba (*Hemigrapsus takanoi*) påträffades för första gången i undersökningarna, en individ fångad i Ringhalsområdet.

Vid provfisket i augusti var fångsterna betydligt större jämfört med i april (figur 10). I augusti fångades 11 125 fiskindivider och den vanligaste arten i fångsterna för samtliga områden var skärsnultra (tabell 4). Under augustifisket var dock

artantalet lägre jämfört med provfiskena i april, framförallt i Ringhalsområdet (tabell 4). Arter som förekom i större omfattning under augusti jämfört med april var ål (figur 14) och vitling (*Merlangius merlangus*). Likt 2023 var fångsterna av strandkrabba stora i samtliga provtagningsområden. Dessutom var augustifångsterna av strandkrabba betydligt högre än fångsterna i april (tabell 4).

Totalfångsterna av samtliga fiskarter under provfiskeperioderna i augusti månad visar en svagt positiv utveckling för områdena Ringhals och Vendelsö sedan undersökningarna inleddes på 1970-talet (figur 10). Utvecklingen för kräftdjur, huvudsakligen bestående av strandkrabba, uppvisar en liknande trend under provfiskeperioden i april.

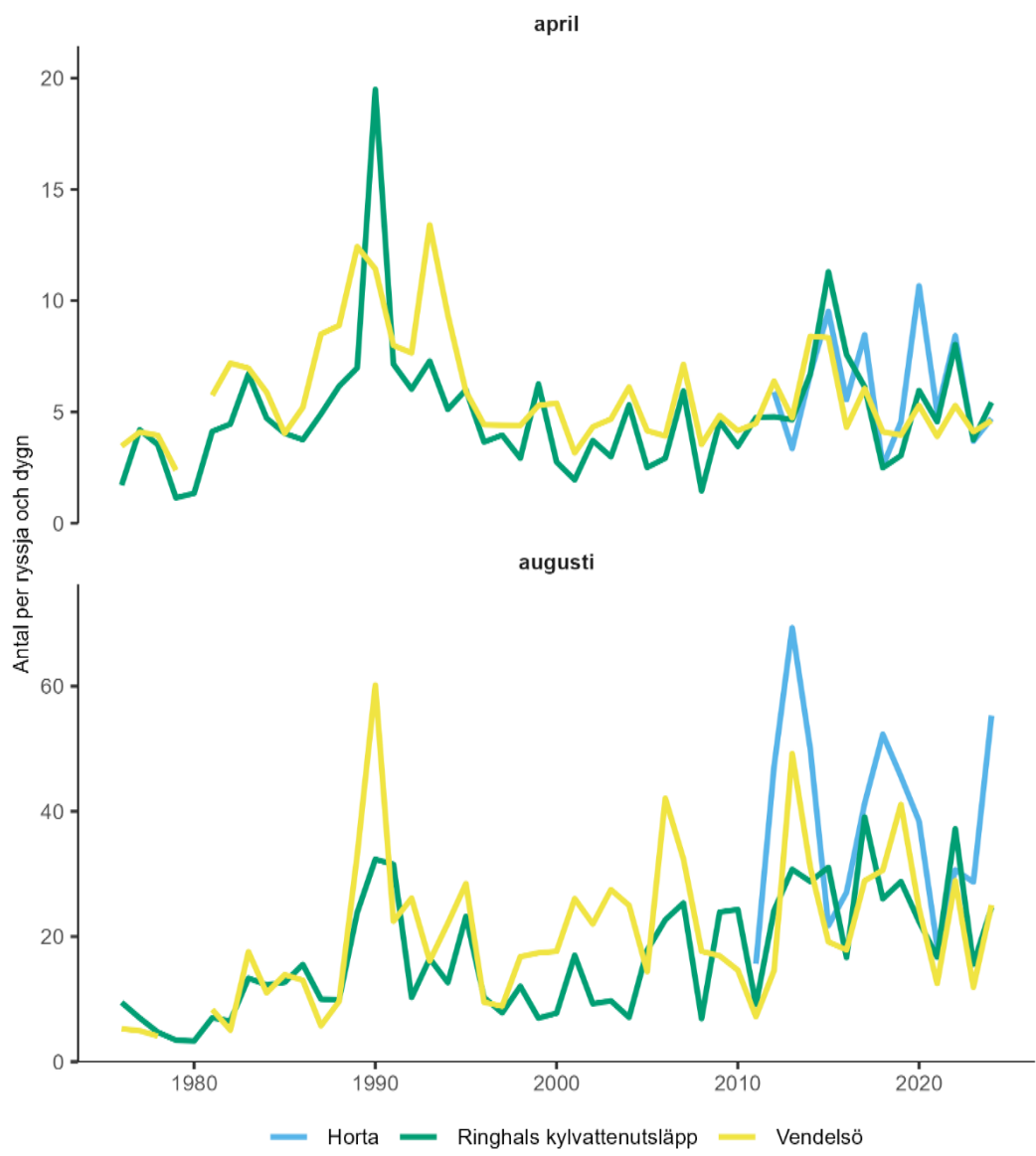
Fångsterna av tånglake (*Zoarces viviparus*) i provfiskena 2024 var likt de närmast föregående åren små och betydligt lägre jämfört med genomsnittet för hela provtagningsperioden (figur 13). Populationsutvecklingen för arten är negativ och de senaste åren har inga tånglakar fångats i fångstområdet Ringhals kylvattenutsläpp.

Tabell 3. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), för alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under april 2024.

Art	Ringhals		Vendelsö		Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
<b>FISKAR</b>						
Skärsnultra	208	1,93			105	0,97
Svart smörbult	91	0,84	57	0,53	17	0,16
Stensnultra	56	0,52	75	0,69	70	0,65
Femtömmad skärlånga	51	0,47	24	0,22	63	0,58
Torsk	50	0,46	86	0,80	155	1,44
Skrubbskädda	45	0,42	51	0,47	10	0,09
Rötsimpa	33	0,31	121	1,12	44	0,41
Tånglake	16	0,15	54	0,50	8	0,07
Ål	10	0,09	8	0,07	6	0,06
Rödspätta	6	0,06	1	<0,01	2	0,02
Oxsimpa	5	0,05	13	0,12	6	0,06
Större kantnål	4	0,04	1	<0,01		
Tångspigg	3	0,03		0,02		
Gråsej	2	0,02	1	<0,01	3	0,03
Tunga	2	0,02			1	<0,01
Tejstefisk	1	<0,01				
Öring	1	<0,01	1	<0,01		
Grässnultra	1	<0,01	1	<0,01	12	0,11
Obestämd fiskart	1	<0,01	1	<0,01		
Simpa obestämd	1	<0,01				
Sjustrålig smörbult					1	<0,01
Större havsnål					1	<0,01
Skäggsimpa			2	0,02	2	0,02
Paddtorsk					2	0,02
Tångringbuk					1	<0,01
Totalfångst fisk	587	5,44	497	4,62	509	4,71
Antal fiskarter	20		16		19	
<b>KRÄFTDJUR</b>						
Strandkrabba	1 599	14,81	1 046	9,69	244	2,26
Eremitkräfta	3	0,28			1	<0,01
Tångräka obestämd	1	<0,01	2	0,02		
Småprickig penselkrabba	1	<0,01				
Hästräka					1	<0,01
Totalfångst kräftdjur	1 604	14,85	1 048	9,70	246	2,28
Antal kräftdjursarter	4		2		3	

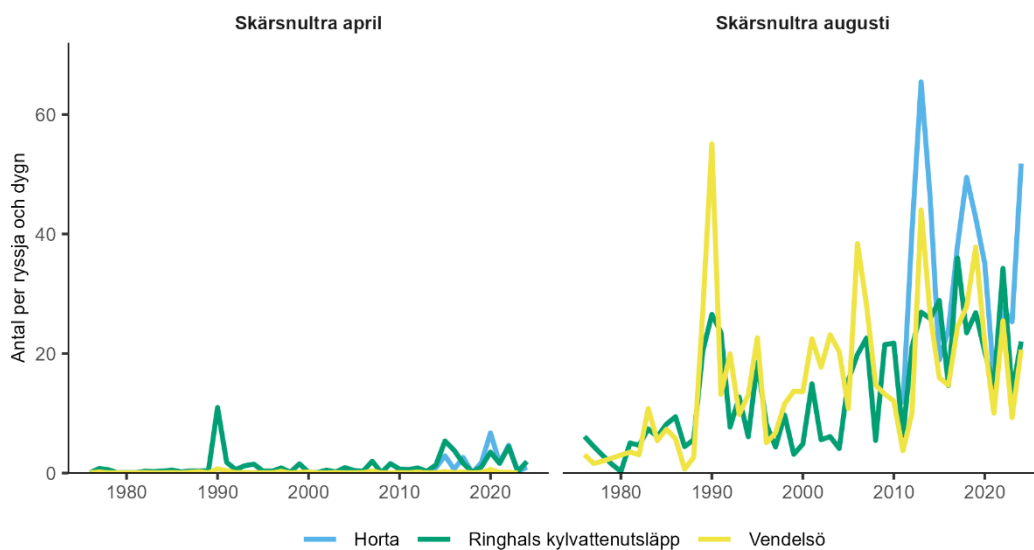
Tabell 4. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), för alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under augusti 2024.

Art	Ringhals		Vendelsö		Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
<b>FISKAR</b>						
Skärsnultra	2334	22,02	2190	20,66	5489	51,78
Ål	118	1,11	116	1,09	65	0,61
Stensnultra	66	0,62	197	1,86	69	0,65
Svart smörbult	49	0,46	24	0,23	21	0,20
Skrubbskädda	21	0,20	8	0,07	14	0,13
Vitling	6	0,06	30	0,28	96	0,91
Oxsimpa	4	0,04	6	0,06	7	0,07
Torsk	4	0,04	28	0,26	61	0,57
Rödspätta	3	0,03				
Tunga	1	<0,01	1	<0,01	3	0,03
Femtömmad skärlånga	1	<0,01	1	<0,01	6	0,06
Rötsimpa	1	<0,01	30	0,28	23	0,22
Öring	1	<0,01	1	<0,01		
Större kantnål	1	<0,01	1	<0,01		
Tånglake			14	0,13	4	0,04
Berggylta			4	0,04	2	0,02
Slätvar			1	<0,01	1	<0,01
Simpa obestämd			1	<0,01	1	<0,01
Totalfångst fisk	2610	24,62	2653	25,03	5862	55,30
Antal fiskarter	14		17		15	
<b>KRÄFTDJUR</b>						
Strandkrabba	2 381	22,46	2 028	19,13	1 858	17,53
Tångräka obestämd	5	0,05	1	<0,01	1	<0,01
Europeisk hummer			1	<0,01	1	<0,01
Totalfångst kräftdjur	2 386	22,51	2 030	19,15	1 860	17,55
Antal kräftdjursarter	2		3		3	

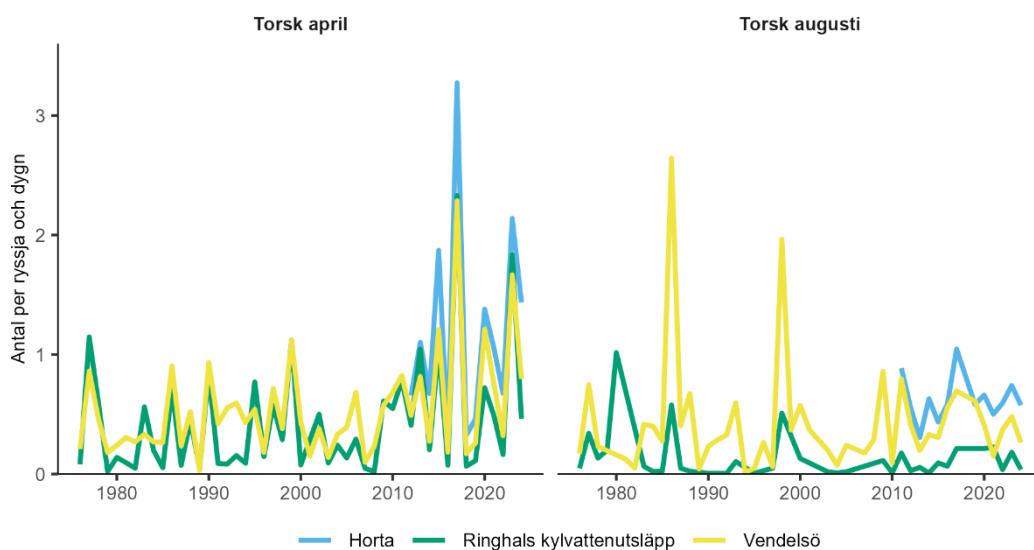


Figur 10. Antal fångade fiskar per ryssja och dygn, av alla förekommande fiskarter vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976–2024 vid Ringhals (grön), Vendelsö (gul) och Norra Horta (blå). Observera de olika skalorna på y-axlarna.

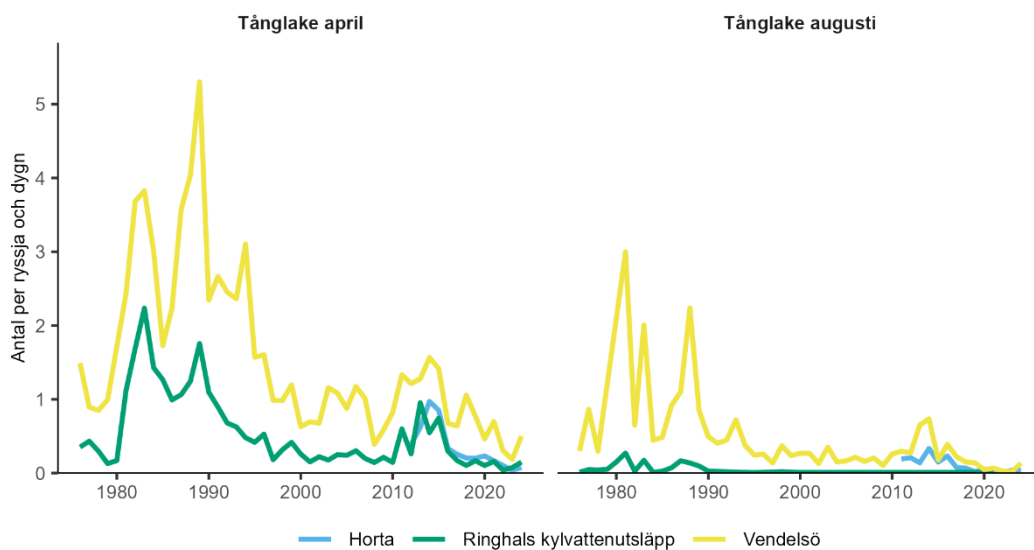




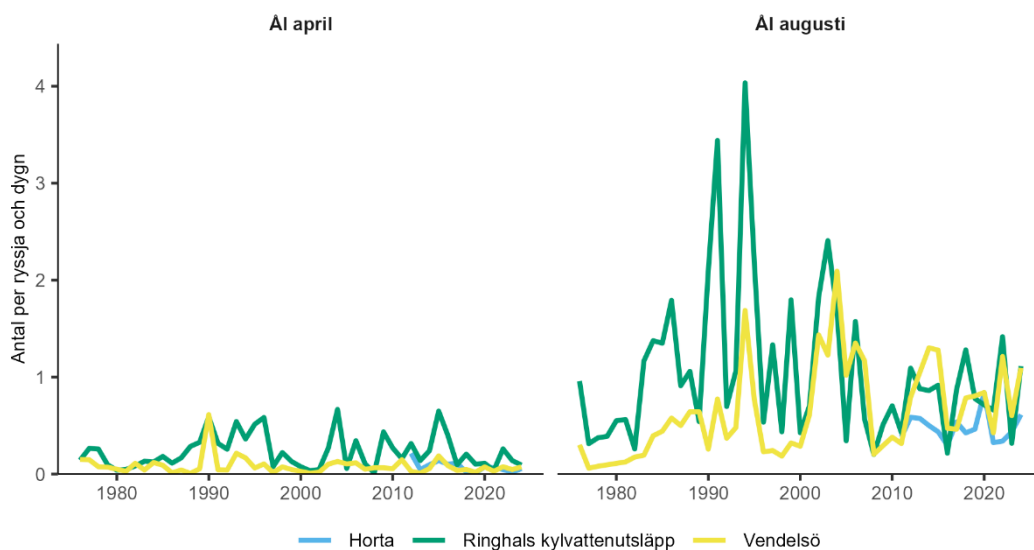
Figur 11. Fångst av skärsnultra per ryssja och dygn vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976–2024 vid Ringhals (grön), Vendelsö (gul) och Norra Horta (blå).



Figur 12. Antal per ryssja och dygn av torsk vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976–2024 vid Ringhals (grön), Vendelsö (gul) och Norra Horta (blå).



Figur 13. Antal per ryssja och dygn av tånglake vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976–2024 vid Ringhals (grön), Vendelsö (gul) och Norra Horta (blå).



Figur 14. Antal per ryssja och dygn av ål vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976–2024 vid Ringhals (grön), Vendelsö (gul) och Norra Horta (blå).

### 3.3.2. Sjukdomar

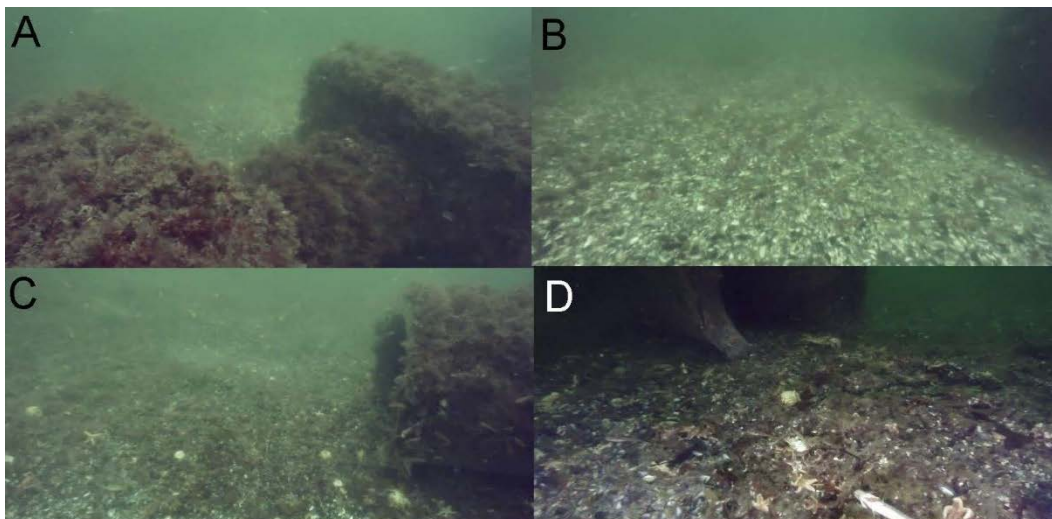
Vid provfisket i april uppvisade endast en individ av totalt 1 593 fångade fiskar yttre sjukdomssymptom och tre fiskar av totalt 11 125 fiskar vid augustifisket (tabell 5). Antalet fiskar med yttre sjukdomssymptom ligger i linje med föregående år.

Tabell 5. Fiskar med sjukdomssymptom som fångades under provfisken 2024

Art	Fiske	Fångstområde	Sjukdom	Antal
Gråsej	April	Ringhals	Mopsskalle	1
Torsk	Augusti	Vendelsö	Hudsår	2
Skärsnultra	Augusti	Vendelsö	Tumör	1

### 3.4. Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation

Havsbottnarna längs utsläppstuben från kylvattenintagets renshus dominerades av skalgrus, sand, småsten och lösdrivande biologiskt material samt större stenar. Utsläppstuben och större stenblock var i huvudsak överväxta av brun- och rödalger (figur 15 A). I området utanför tubens mynning påträffades skal från döda musslor och krabbor samt döda fiskar, främst torskfiskar (figur 15 B, C och D). På 2024 års bilder syntes att en vall av skalrester, mjukt biologiskt material och annat mindre material hade bildats några meter framför tubens mynning, som var större och mer centrerad jämfört med föregående två år. Under 2024 syntes även en viss långsgående dikesbildning där vattenströmmen från tuben sköljt bort bottenmaterial. Omkring utsläppstuben förekom en del lösdrivande växtmaterial, främst brun- och rödalger. Vanligt förekommande djurarter på och omkring tuben var strandkrabba, stensnultra, skärsnultra, vanlig sjöstjärna (*Asterias rubens*) och smörbultar (*Pomatoschistus* sp.).



Figur 15 A) Påväxt av brun- och rödalger på utsläppstub. B). Skal-/sandbotten utanför tubens mynning. C) Tubens mynning med utflöde av rensvatten och biologiskt material. D) Tubens mynning med biologiskt material, fisk och krabbor.

### 3.5. Kontroll av främmande arter

Fem lokaler utanför Ringhals industriområde inventerades med avseende på fastsittande flora och fauna under juni 2024. I undersökningarna av huvudtransekterna registrerades 57 fastsittande arter, varav 53 algarter, en sjögräsart (*Zostera marina*) och tre ryggradslösa djur (tabell 6). Vid inventeringarna av både huvud- och extratransekterna påträffades tre främmande arter, stillahavssostron (*Magallana gigas*), brunalgen japansk sargassotång (*Sargassum muticum*) och rödalgen agaralg (*Gracilaria vermiculophylla*) (tabell 7). Samtliga arter är kända sedan tidigare längs den svenska västkusten. Av de främmande arterna var japansk sargassotång likt tidigare år den vanligaste förekommande algen och återfanns vid samtliga transekter utanför Ringhals kylvattenutsläpp och Båtafjorden norra. Brunalgen förekom också vid Båtafjorden södra, men i lägre täthet. Stillahavssostron förekom i liknande mängder som tidigare år och inom samtliga lokaler förutom Vendelsö där den saknades helt. Agaralg påträffades endast på en av transekter inom Båtafjorden södra. Japantofs (*Bonnemaisonia hamifera*), Rödsvansing (*Dasya baillouviana*) och japanplym (*Dasysiphonia japonica*) som tidigare påträffats i undersökningarna återfanns inte under 2024 (tabell 7).

Tabell 6. Alla arter som identifierades vid taxeringen av huvudtransekten på varje lokal i juni 2024. Förekomsten är uppdelad efter 1) enstaka (ljusblå), 2) vanlig (mellanblå), 3) talrik (mörkblå) baserat på medelvärde av täckningsgrad där arten är förekommande. Arterna i fetstil är främmande arter.

	Art/Släkten	Ringhals utsläpp	Norra Horta	Vendelsö	Båtafjorden norra	Båtafjorden södra	
Grönalger	<i>Cladophora rupestris</i>			2	1		
	<i>Cladophora</i> sp.	3	2	2	1		
	<i>Ulva linza</i>				2		
	<i>Ulva</i> spp.	2			2		
	<i>Cladophora</i> spp.					2	
	<i>Chaetomorpha linum</i>		2				
	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>		2				
	<i>Ulva compressa</i>			1			
Brunalger	<i>Chorda filum</i>			2	1	1	
	<i>Ectocarpus/Pylaiella</i>	2	3	2	3	3	
	<i>Fucus serratus</i>	1	3	3	3		
	<i>Fucus vesiculosus</i>		2	3	2		
	<i>Punctaria tenuissima</i>				1		
	<b><i>Sargassum muticum</i></b>	3			2		
	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	2	2	3	2	2	
	<i>Ascophyllum nodosum</i>					3	
	<i>Battersia plumigera</i>					3	
	<i>Elachista fucicola</i>		2			1	
	<i>Halidrys siliquosa</i>	2	2	2			
	<i>Laminaria digitata</i>		2				
	<i>Laminaria hyperborea</i>		1				
	<i>Saccharina latissima</i>		2				
	<i>Desmarestia viridis</i>	1					
	<i>Chordaria flagelliformis</i>			2			
	Rödalger	<i>Aglaothamnion hookeri</i>				1	
		<i>Ahnfeltia plicata</i>	2	2	2	1	2
		<i>Ceramium tenuicorne</i>	3	2		2	1
		<i>Ceramium virgatum</i>	2	2		2	2
		<i>Chondrus crispus</i>	3	3	3	3	2
		<i>Coccolytus/Phyllophora*</i>	2	2	2	1	1
<i>Cystoclonium purpureum</i>		2	3	3	2	2	
<i>Erythrotrichia carnea</i>					1		
<i>Furcellaria lumbricalis</i>		2	2	3	3	3	
<i>Phycodrys rubens</i>		1	2		1	1	
<i>Polyides rotundus</i>		2	2	2	2		
<i>Polysiphonia elongata</i>		2	2		1		
<i>Polysiphonia fibrillosa</i>		2	2	2	1	2	
<i>Polysiphonia fucoides</i>		3	2	3	3	2	
<i>Polysiphonia stricta</i>		2	2	2	2		
<i>Spermothamnion repens</i>		2	3	3	2	2	
<i>Vertebrata byssoides</i>		2	3	2	2		
<i>Dumontia contorta</i>						1	
<i>Membranoptera alata</i>		1	2	2		1	
Acrochaetiaceae		1	2				
<i>Delesseria sanguinea</i>		2	2	1			
<i>Lithothamnium/Phymatolithon*</i>		2	2	2			
<i>Palmaria palmata</i>			2				
<i>Plumaria plumosa</i>			2	1			
<i>Pterothamnion plumula</i>			1				
<i>Rhodomela confervoides</i>		1	2	2			
<i>Aglaothamnion</i> spp.		1					
<i>Callithamnion corymbosum</i>		1					
<i>Polysiphonia hemisphaerica</i>		3					
Fauna		<b><i>Magallana gigas</i></b>	2	2		2	2
		<i>Halichondria panicea</i>		2	2		
		<i>Mytilus edulis</i>	2				
Sjö- gräs		<i>Zostera marina</i>					3

Tabell 7. Förekomst av främmande arter vid linjetaxering av transekter i juni de senaste fem åren (2020–2024). Täckningsgraden är given efter en tregradig skala, där mörkare färg anger tätare förekomst; 1) enstaka (ljusblå), 2) vanlig (mellanblå), 3) talrik (mörkblå). Transekt C är huvudtransekten. Grå färg innebär att lokalerna inte undersöktes de åren.

Transekt	Art	Brunalger					Rödalger					Grönalger					Fauna																			
		Sargassotång					Japanplym					Rödsvansing					Japantofs					Agaralg					Klykalg					Stillahavsstron				
		2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024					
Ringhals	A	1	1	2	3	2						1		1	1																	1	1	1	1	2
	B	1	3	3	3	2						1		1																		1	2	1	1	2
	C	3	3	3	3	3	1			2			2	2																		3	2	2	2	2
	D	1	3	2	3	3						1		1																		1	2	1	1	2
	E	2	2	2	2	3						1		1	1																	1	2	2	1	2
Ventelesö	A																																			1
	B																														1					
	C												1	1																1	2					
	D																														1					
	E											1															1				1					
Norra Horta	A																																			
	B																																			1
	C											2																								
	D																																			
	E																																			1
Båtafjorden norra	A	1		2		3																										1				1
	B	1		2		3																										1		1		1
	C	3		3		2	1									1																1		2		2
	D	1		3		3						1																				1		1		
	E	1		3		2																										1		2		1
Båtafjorden södra	A	1		1		1						1																								1
	B	1		1		1						1																								
	C	1		3								1																				2		2		2
	D	1		2		1						1																								1
	E	1		1								1																								

C =huvudtransekt

Under 2024 inventerades även kylvattenvägarna vid två undersökningar, en i svallbassängen T2 och en i kylvattentunneln som leder till reaktor R4. Inga levande exemplar av främmande arter återfanns i undersökningarna. I svallbassängen påträffades endast skalrester av stillahavsstron (*Magallana gigas*) som spår av främmande art.

Tre transekter undersöktes i T2 genom dykning och organismer som påträffades var huvudsakligen biomattor av cyanobakterier. Transekternas maximala djup var cirka 13 meter. Rödslicken *Polysiphonia hemisphaerica*, som vid provtagningen 2022 dominerade algbältet ner till åtta meters djup, påträffades nu endast på ett fåtal platser längs samtliga transekter. Algerna var under 2024 års provtagning även mindre i storlek. Gamla skal från stillahavsstron noterades fastsittande på

klippväggen samt i bottensedimentet. Även stora mängder av skal från hjärtmusslor (*Cerastoderma edule*) noterades i bottensedimentet. Andra arter som noterades var döda havstulpaner (*Balanidae*) men även en del levande djur hittades, som havsanemoner (*Sagartia ornata* och *Sagartiogeton sp.*), sjöpfung (*Ascidacea*), märkräfta (*Corophium insidiosum*) och en större mängd nätsäckor (*Tritia spp.*).

I kylvattentunneln R4 påträffades 19 olika djurarter (tabell 8). Ingen främmande art noterades vid undersökningen. Vissa djurgrupper var delvis nedbrutna och kunde bara bestämmas till familj eller släkte. De vanligaste djurarterna i tunneln var blåmusslor och glipande havstulpan (*Balanus crenatus*). Det förekom även rikligt av olika havsborstmaskar i tunneln. Fastsittande filtrerande djurarter som musslor och havstulpaner förekom i mycket höga tätheter. Dessutom påträffades arter som vanlig sjöstjärna, slemmaskar och strandkrabba. De fiskar som påträffades i tunneln var döda. Ett fåtal fynd gjordes även av rödalgen pudervippa, men det går inte säkerställa om algen har varit fastsittande och växt i tunneln eller följt med kylvattnet utifrån.

Tabell 8. Förekomst av arter i kylvattentunneln R4 2024.

Art/släkte	Svenskt namn
<i>Ammodytidae</i>	Tobisfiskar
<i>Ascidacea</i>	Sjöpfungar
<i>Asterias rubens</i>	Vanlig sjöstjärna
<i>Balanus crenatus</i>	Glipande havstulpan
<i>Belone belone</i>	Näbbgädda
<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrabba
<i>Clupea harengus</i>	Sill
<i>Electra pilosa</i>	Mossdjur
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	Fyrtömmad skärlånga
<i>Hydrozoa</i>	Hydroider
<i>Monocorophium insidiosum</i>	Märkräfta
<i>Mytilus edulis</i>	Blåmussla
<i>Nemertea</i>	Slemmaskar
<i>Nereis sp.</i>	Rovmaskar
<i>Nudibranchia</i>	Nakensäckor
<i>Sagartia ornata</i>	Tvillinganemon
<i>Spermothamnion repens</i>	Pudervippa
<i>Trachurus trachurus</i>	Taggmakrill

## 4. Diskussion

Förlusterna av fisk i tidiga livsstadier som kärnkraftverkets kylvattenintag medför kan påverka bestånden av arter olika beroende på deras respektive levnadsmönster. För stationära arter som rötsimpa, tejstefisk och tånglake kan lokala effekter förväntas redan vid relativt små förluster. Liknande effekter skulle kylvattenintaget kunna ha på kustlevande lokala bestånd av arter som torsk, rödspätta och skrubbskädda, även om dessa arter inte är lika stationära och effekten därför kan vara mindre tydlig. För vandringsfisk som sill har förlusterna inte samma lokala påverkan, då samma bestånd rör sig både inom och utanför Kattegatt. Mängden fisk som kommer in till kraftverket kan även ge indikationer på populationsutveckling för olika arter i omgivande havsområden. Stora förekomster av exempelvis fiskägg och yngel av olika arter kan påvisa generella rekryteringsframgångar i omgivande områden.

Kylvattenflödena in till kraftverket påverkas även i stor grad av behovet av kylning av reaktorerna, och under 2023 var exempelvis reaktor 4 ur bruk under provtagningsperioden. Det minskade flödet av kylvatten i intagskanalen medför vanligtvis lägre tätheter av fiskägg och -larver i undersökningarna. Under 2024 var driftsituationen i kraftverket normal med fullt kylvattenflöde, och därmed stort inflöde av organismer i intagskanalen.

Förekomsten av fiskägg i undersökningen påverkas av flera olika miljöfaktorer. Förutom vattentemperatur så påverkar även salthalt, vindriktning och vattenströmmar fångstmängden. Salthalten påverkar vattnets densitet och således var fiskäggen kan befinna sig i vattenkolumnen. Hög salthalt bidrar till att fler ägg befinner sig närmare ytan, medan låg salthalt bidrar till att äggen har svårare att hålla sig flytande och istället kan sjunka mot botten. I och med att Bongohåven fiskar vid vattenytan kan en låg salthalt resultera i en lägre fångst av fiskägg. Under provtagningen 2024 var medelsalthalten 19,70 psu (practical salinity units), vilket är något lägre än genomsnittet för hela provtagningsperioden på 21,76 psu. Trots det var medelantalet av ägg 2024 relativt högt jämfört med hela provtagningsperioden, vilket kan bero på naturliga årsvariationer.

Fångsterna under provtagningarna för yngel och juvenil fisk med Isaacs-Kiddtrål påverkas likt förekomsterna av ägg och larver av flera olika faktorer. Variationer i vattenströmmar, vattentemperaturer och rådande salthalter i omgivande



havsområde utgör stor påverkan för mängden organismer som strömmar in i intagskanalen. Under provtagningarna med Isaacs-Kiddtrål 2024 fångades något fler arter jämfört med genomsnittet för hela provperioden och nästan dubbla antalet individer per timme. Den mest förekommande arten i undersökningarna var sill (yngel), som var starkt bidragande till de stora mängderna fisk under 2024. De höga tätheterna av sillyngel under 2024 var sannolikt ett tecken på en framgångsrik rekrytering under hösten 2023.

Fångsterna av glasål var relativt stora i kylvattenkanalen under 2024 jämfört med den senaste femtonårsperioden. Den europeiska ålpopulationen har under en längre tid varit akut hotad och flertalet förvaltningsåtgärder har genomförts för att rädda arten. Glasåls minskning i undersökningarna vid Ringhals sedan 1980-talet speglar den totala utvecklingen för arten inom hela utbredningsområdet i Europa, Nordafrika och Västasien (Dekker et al. 2021; ICES 2018, 2019, 2020). De senaste årens relativt stora förekomst av glasål i intagskanalen skulle möjligen kunna påvisa att förvaltningsåtgärderna har gett effekt och att det finns en tendens att ålpopulationen börjar återhämta sig. Det är dock alldeles för tidigt att dra några slutsatser men provtagningsserien inom Ringhals recipientkontroll är viktig för att följa utvecklingen.

Fångstmängden och artsammansättningen av fisk- och skaldjursarter i ett provfiske påverkas till stor del av vattentemperaturen, både temperaturen vid provfisketillfället, men också temperaturen bakåt i tiden. Dels beror det på att arter skiljer sig åt i fråga om vilka vattentemperaturer som för dem är mest gynnsamma (Neuman 1988; Kordas et al. 2011), men det kan också bero på förändringar i arters aktivitet eller förändringar i beståndsstorlekar som ett resultat av tidigare temperaturförändringar.

Vid provfiskena med ryssjor i april var fångsterna likt föregående år små jämfört med den varma perioden under augusti. Resultaten visar tydligt att flertalet fiskarter i området är mer aktiva under augusti och därför fångas i större utsträckning i undersökningarna. Skärnsultra, som är en varmvattengynnad art, förekommer exempelvis i höga tätheter i samtliga områden under sommaren, men endast ett fåtal individer fångas i undersökningarna i april. Under vårperioden finns dock tecken på att skärnsultran aktivt söker sig till Ringhalsområdet och uppehåller sig i det uppvärmda kylvattnet. Varmvattenutsläppet från Ringhals har därmed tydlig påverkan på varmvattengynnade arter och effekten är troligen störst under den kyliga delen på året. Under sommarhalvåret kan dock effekterna vara det omvända, då flertalet arter undviker det alltför varma området och uppehåller sig på större djup där temperaturen är lägre. Kallvattengynnade arter som torsk, rötsimpa och tånglake förekommer exempelvis i väldigt låga tätheter vid kylvattenutsläppet och föredrar istället de kyligare områdena Vendelsö och Norra Horta.

Förekomsterna av främmande arter i områdena vid Ringhals kärnkraftverk ligger på liknande nivåer som föregående år. Många av arterna som påträffas i

undersökningarna är sannolikt väl etablerade och kommer att finnas i områdena även framöver. Några av de främmande arterna klassas även numera som etablerade i hela Västerhavet, exempelvis den vanligt förekommande brunalgen japansk sargassotång. Det finns inga belägg för att introduktionen av främmande arter i svenska vatten kan kopplas till kärnkraftverkens kylvattenutsläpp. Däremot kan det varma kylvattnet möjliggöra etablering och spridning till andra områden av arter som redan har introducerats på annat sätt. Övervakningen av främmande arter inom Ringhals kärnkraftverk är ytterst värdefull och det är troligt att nya arter kommer att påträffas framöver, eftersom introduceringstakten av främmande arter är högre än någonsin utan tecken på att mattas av (Pyšek et al. 2020). Under 2024 observerades exempelvis småprickig penselkrabba i samband med ryssjeprovfisket i utsläppsområdet, en främmande art som aldrig tidigare påträffats i Ringhals. Arten har dock tidigare observerats i svenska vatten. Det är troligt att upptäckt av arten i detta område skulle ha dröjt längre utan det pågående övervakningsprogrammet.

Japantofs är en rödalg som observerats vid samtliga inventeringar sedan 2016 men den påträffades inte under 2024. Japantofs har endast påträffats i lokalerna Norra Horta, Båtafjorden norra och Vendelsö, det vill säga områden som inte alls, eller bara i liten utsträckning, påverkas av kylvattenutsläppet. Med avseende på artens biologi och ekologiska egenskaper borde dock japantofs vara bättre anpassad till området vid kylvattenutsläppet, där temperaturförhållandena är bättre lämpade för exempelvis reproduktion (Havs- och vattenmyndigheten 2013). Frånvaron av japantofs i undersökningarna 2024 betyder sannolikt inte att arten försvunnit från området. Att den inte påträffas i anslutning till varmvattenutsläppet tyder dock på att driften i Ringhals kärnkraftverk inte påverkar utbredningen nämnvärt eller att den etablerat sig särskilt i kylvattenvägarna.

Dykningarna i svallvattenbassängen T2 under 2024 påvisade tydliga skillnader i artantal och biomassa av alger jämfört med tidigare år. En sannolik anledning till detta är att det numera förekommer kraftig rengöring genom klorering i svallbassängen som inte gjorts tidigare. Både under 2023 och 2024 klorerades svallbassängen två gånger per vecka från april till oktober månad. Kloreringen utfördes i syfte att begränsa mängden alger som annars kan orsaka problem i processystemet och har således visat sig vara effektiv. De arterna som påträffats i bassängen är antingen resistent mot behandlingen eller kan snabbt kolonisera utrymmena i svallbassängen. Kloreringen påverkar antagligen stillahavsstron negativt eftersom det endast påträffades skalrester av arten i undersökningarna. Nätsnäckor kan däremot överleva nedgrävda i sediment. De påträffade individerna i svallbassängen återfanns på flera platser där det förekom sediment, i vilket individerna skulle kunna gräva ner sig i och på så vis överleva kloreringen.

Kylvattentunneln R4 kloreras inte utan rengörs istället årligen genom att tunnelns väggar skrapas och spolade med högtryckstvätt. Behandlingen medför att mängden fastväxande djur minskar i kylvattenvägarna. Eftersom kylvatten

strömmar konstant i tunnelsystemet är förhållandena mycket gynnsamma för filtrerande organismer såsom musslor och havstulpaner, som har god tillgång till föda och kan etablera sig på samtliga ytor i tunneln.

Sammanfattningsvis är det tydligt att Ringhals kärnkraftverk påverkar det omgivande havsområdet genom intag och utsläpp av kylvatten som ger förändringar i strömmar och temperatur. Detta påverkar förekomst och sammansättning av både inhemska och främmande arter och visar att den kontinuerliga miljöövervakningen fyller ett viktigt syfte för att identifiera kraftverkets påverkan.

## Referenser

- Andersson, J. (1980). *Fiskägg och fiskyngel i kylvattenintaget vid Ringhalsverket 1979-1980*. Solna: Naturvårdsverket.
- Andersson, J. (1985). Fiskägg och fisklarver i kylvattenintaget för Ringhalsverket. Statens naturvårdsverk.
- Andersson, J., Bryhn, A., Fagerholm, B., Jansson, M., Lingman, A. & Wernbo, A. (2015). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk sammanfattande resultat av undersökningar fram till år 2013*. (Aqua reports, 2015:6). Öregrund: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/14609/> [2021-02-23]
- Andersson, J., Cardinale, M., Fagerholm, B., Hjelm, J. & Pettersson, E. (2011). *Fiskförluster i kylvattenintagen vid Ringhalsverket. Kompletterande undersökningar 2006-2010*. Fiskeriverket.
- Bryhn, A.C., Andersson, J. & Petersson, E. (2014). *Mortality of European glass eel (Anguilla anguilla juveniles) at a nuclear power plant*. International review of hydrobiology., 99 (4), 312–316. <https://doi.org/10.1002/iroh.201301632>
- Dekker, W., Van Gemert, R., Bryhn, A., Sjöberg, N., & Wickström, H. (2021). *Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2021: fourth post-evaluation of the Swedish eel management*. Drottningholm Lysekil Öregrund: Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/26203>
- Eriksson, B.K., Sieben, K., Eklöf, J., Ljunggren, L., Olsson, J., Casini, M. & Bergström, U. (2011). *Effects of Altered Offshore Food Webs on Coastal Ecosystems Emphasize the Need for Cross-Ecosystem Management*. *Ambio*, 40 (7), 786–797. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0158-0>
- Funk, S., Frelat, R., Möllmann, C., Temming, A., & Krumme, U. (2021). *The forgotten feeding ground: patterns in seasonal and depth-specific food intake of adult cod Gadus morhua in the western Baltic Sea*. *Journal of Fish Biology*, 98(3), 707-722.
- Grimås, U., Jacobsson, A. & Neuman, E. (1988). *Biologiska och radioekologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1968-1987*. (Naturvårdsverket rapport, 3463). Solna.
- Havs- och vattenmyndigheten (2013). *Bonnemaisonia hamifera Japantofs*. Havs- och vattenmyndigheten. <https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f764/1448458992332/faktablad-bonnemaisonia-hamifera-japantofs.pdf> [2021-0215]
- Havs- och vattenmyndigheten (2014a) *Torsk*. <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/torsk.html> [2023-02-14]

- Havs- och vattenmyndigheten (2014b) *Rödspätta*.  
<https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/rodspatta.html> [2023-02-14]
- Havs- och vattenmyndigheten (2015a). *Blåskrabba* *Hemigrapsus sanguineus*.  
<https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/blaskrabba.html> [2021-02-16]
- Havs- och vattenmyndigheten (2015b). *Sargassosnärja*. *Sargassosnärja*. [text].  
<https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/sargassosnarja.html> [2021-02-15]
- ICES (2018). *Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. Gdansk.  
[https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/acom/2018/WGEEL/wgeel\\_2018.pdf](https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/acom/2018/WGEEL/wgeel_2018.pdf) [2021-02-24]
- ICES (2019). *Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. (ICES Scientific Reports, 1:50). ICES.  
<http://doi.org/10.17895/ices.pub.5545> [2021-02-15]
- ICES (2020). *Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. (ICES Scientific Reports, 2:82). ICES.  
<http://www.ices.dk/sites/pub/PublicationReports/Forms/DispForm.aspx?ID=37090> [2021-02-22]
- Jan, R.-Q., Chen, J.-P., Lin, C.-Y. & Shao, K.-T. (2001). *Long-term monitoring of the coral reef fish communities around a nuclear power plant*. *Aquatic ecology*, 35 (2), 233–243. <https://doi.org/10.1023/A:1011496117632>
- Johansson, G., Eriksson, K., Pedersen, M. & Snoeijs, P. (1998). *Long-term changes of macroalgal vegetation in the Skagerrak area*. *Hydrobiologia*, 385 (1), 121–138. <https://doi.org/10.1023/A:1003405826222>
- Karlsson, J. (1997). *Utbredning av sargassosnärja - Sargassum muticum - vid den svenska västkusten 1996*. (Slutrapport till Världsnaturfonden). WWF.  
<https://www.vattenkikaren.gu.se/fakta/arter/algae/phaeophy/sargmuti/wwf1996.pdf> [2021-02-15]
- Kordas, R.L., Harley, C.D.G. & O'Connor, M.I. (2011). *Community ecology in a warming world: The influence of temperature on interspecific interactions in marine systems: Global Change in Marine Ecosystems*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 400 (1–2), 218–226
- MacDougall, A. & Turkington, R. (2005). *Are Invasive Species the Drivers or Passengers of Change in Degraded Ecosystems?* *Ecology* (Durham), 86 (1), 42–55. <https://doi.org/10.1890/04-0669>
- Mooney, H.A. & Cleland, E.E. (2001). *The Evolutionary Impact of Invasive Species*. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, 98 (10), 5446–5451. <https://doi.org/10.1073/pnas.091093398>
- Nellbring, S. (2014). *Codium fragile* Klykalg. *Havs- och vattenmyndigheten*.  
<https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f769/1448458994137/faktablad-codium-fragile-klykalg.pdf> [2021-02-15]
- Norén, K. (2003). *Hamndun (Aglaothamnion halliae)*. *www.havochvatten.se*.  
<https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f761/1448458991436/faktablad-aglaothamnion-halliae-hamndun.pdf> [2021-02-15]
- Nowakowski, K., & Sługocki, Ł. (2021). *Short-term heat shock perturbation affects populations of Daphnia magna and Eurytemora carolleeae: a warning to the water thermal pollution*. *Scientific reports*, 11(1), 1-8.

- Neuman, E. (1988). *Effekter av Ringhalsverkets kylvattenutsläpp på det strandnära fisksamhället*. Naturvårdsverket Rapport 3462, 1–25.
- Pan, S. Y., Snyder, S. W., Packman, A. I., Lin, Y. J., & Chiang, P. C. (2018). *Cooling water use in thermoelectric power generation and its associated challenges for addressing water-energy nexus*. *Water-Energy Nexus*, 1(1), 26–41.
- Persson, S. & Looström, J. (2021). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport 2020* (Aqua reports, 2021:1). Lysekil. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Pihl, L. (1982). *Food intake of young cod and flounder in a shallow bay on the Swedish west coast*. *Netherlands journal of sea research*, 15 (3), 419–432. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(82\)90068-0](https://doi.org/10.1016/0077-7579(82)90068-0)
- Pyšek, P., Hulme, P.E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T.M., Carlton, J.T., Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L.C., Genovesi, P., Jeschke, J.M., Kühn, I., Liebhold, A.M., Mandrak, N.E., Meyerson, L.A., Pauchard, A., Pergl, J., Roy, H.E., Seebens, H., van Kleunen, M., Vilà, M., Wingfield, M.J. and Richardson, D.M. (2020), *Scientists' warning on invasive alien species*. *Biol Rev*, 95: 1511–1534. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>
- Rajagopal, S., Jenner, H.A. & Venugopalan, V.P. (2012). *Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water Systems*. 1. Aufl., 2012. New York, NY: Springer-Verlag, Springer, Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1698-2>
- Silva, P.C. (1957). *Codium in Scandinavian waters*. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 51(1), 117–134.
- Sundqvist, F., Flink, H., Looström, J. & PärLö, L. (2019). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk*. (Aqua reports, 2019:2). Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/16066/> [2021-02-16]
- Sundqvist, F., Svanfeldt, K. & Svensson, L. (2018). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2017*. (Aqua reports, 2018:6). Öregrund Drottningholm Lysekil: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/15394/> [2021-0223]
- Teixeira, T.P., Neves, L.M. & Araújo, F.G. (2009). *Effects of a nuclear power plant thermal discharge on habitat complexity and fish community structure in Ilha Grande Bay, Brazil*. *Marine environmental research*, 68 (4), 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2009.06.004>
- Thome, C., Mitz, C., Sreetharan, S., Mitz, C., Somers, C.M., Manzon, R.G., Boreham, D.R. & Wilson, J.Y. (2017). *Developmental effects of the industrial cooling water additives morpholine and sodium hypochlorite on lake whitefish (Coregonus clupeaformis)*. *Environmental toxicology and chemistry*, 36 (7), 1955–1965. <https://doi.org/10.1002/etc.3727>
- Thoresson, G. (1996). *Metoder för övervakning av kustfiskbestånd*. Kustlaboratoriet, Fiskeriverket. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:havochvatten:diva-317> [2021-0216]
- Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L. & Westbrooks, R. (1996). *Biological Invasions as Global Environmental Change*. *American scientist*, 84 (5), 468–478.

Xu, D., Wang, H., Han, D., Chen, A., & Niu, Y. (2021). *Phytoplankton community structural reshaping as response to the thermal effect of cooling water discharged from power plant*. *Environmental Pollution*, 285, 117517.